

УДК 556.535.6

*Я.А. Мельникова, Д.А. Вершинин***МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ РАСХОДОВ ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ РЕКИ ОБИ В ПРЕДЕЛАХ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ¹**

Оценены многолетние изменения стока взвешенных наносов на крупнейшей транзитной реке Томской области – реке Обь. В половодье по всем постам в основном наблюдается снижение месячного стока и среднемесячных расходов взвешенных наносов. Произведена оценка трендов среднемесячных расходов воды и взвешенных наносов. В большинстве случаев наблюдаются значимые тренды на снижение расходов взвешенных наносов. Оценена точность связи между среднемесячными расходами воды и среднемесячными расходами взвешенных наносов – удовлетворительной оказалась связь этих характеристик в г. Колпашево и в половодье и летне-осеннюю межень.

Ключевые слова: взвешенные наносы, транзитная река, внутригодовое распределение, многолетние изменения.

Сток взвешенных наносов является одной из важнейших гидрологических характеристик. Взвешенные наносы образуются в результате смыва минеральных частиц со склонов, размыва дна и берегов рек. Как взвешенные, так и донные наносы участвуют в формировании русел и пойм водотоков – откладываясь на участках с малыми скоростями течений, наносы формируют берега и поймы рек. Концентрация взвешенных частиц влияет на качество воды в водных объектах, определяет видовой и численный состав гидробионтов. Взвешенные наносы также оказывают влияние на эффективность работы водозаборов, водосбросов, заиление водохранилищ и т. д.

Направленные изменения стока взвешенных наносов могут оцениваться путем сопоставления его базовых значений с прогнозными величинами, полученными на основе модельных расчетов, или с результатами наблюдений [1].

На основании предыдущих исследований авторов выявлено, что на большинстве крупных рек Томской области, в том числе крупнейшей реки Оби, наблюдается снижение годового стока взвешенных наносов [2; 3]. Эти результаты могут быть связаны с современными тенденциями снижения стока рек бассейнов Верхней Оби, Томи и Чулыма [4]. Кроме этого, снижение стока взвешенных наносов также связывают с регулированием стока воды гидроузлами и снижением мутности речных вод ниже по течению [5].

В статье приводятся основные результаты исследования многолетних изменений среднемесячных расходов взвешенных наносов реки Оби в пределах Томской области за период открытого русла, охватывающий весенне-летнее половодье и летне-осеннюю межень.

Объекты и методы исследования

Истоки реки Оби находятся в горах Алтая, а собственно сама река образуется при слиянии Бии и Катунь. Длина Оби – 3650 км, площадь её водосборного бассейна – 2 990 000 км². Обь пересекает территорию Томской области с юго-востока на северо-запад. Протяженность реки Оби в пределах Томской области 1080 км. На территории Томской области в Обь впадают крупные реки: Томь, Чулым, Чая, Кеть, Парабель, Васюган, Тым, существенно повышая ее водность.

По водному режиму река относится к Западно-Сибирскому типу, она имеет длительное весенне-летнее половодье (2-3 мес.). Подъем уровня весной происходит чаще в середине-конце апреля. Река Обь в пределах Томской области относится к полизональным рекам, поэтому ее водный режим отражает особенности формирования стока во всех пересекаемых физико-географических зонах. Обь на участке исследований относится к рекам с весенне-летним половодьем и осенними паводками.

Для анализа распределения стока взвешенных наносов по длине реки Обь на территории Томской области были выбраны гидрологические посты, приведенные в табл. 1. Верхний по течению пост – с. Дубровино территориально относится к Новосибирской области, расположен в 36 км от границы с Томской областью. В качестве замыкающего створа были взяты два поста на реке Оби в нижнем течении области – с. Прохоркино и с. Александровское, так как наблюдения за взвешенными на-

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ и администрации Томской области (проект № 16-45-700021).

носами с 1960 по 1997 гг. производились на посту с. Прохоркино, а после его закрытия перенесены обратно в с. Александровское.

Таблица 1

Сведения о рассматриваемых гидрологических постах

Река	Гидропост	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км ²	Отметки нуля постов, м	Период действия	Наблюдения за наносами
Обь	Александровское	1830	765000	32,24	18.12.1894 (19.09.1934)	1956–1959 1999–2015
Обь	Прохоркино	2024	738000	38,26	15.08.1959– 01.11.1997	1960–1997
Обь	Колпашево	2422	456000	52,62	13.04.1914	1942–2015
Обь	Дубровино	2876	258000	82,52	18.08.1958	1962–2015

В с. Дубровино в маловодные и средние по водности годы максимальные расходы воды редко превышают 3000 м³/с ввиду зарегулированности стока. В многоводные годы объема Новосибирского водохранилища недостаточно для регулирования стока и максимальные расходы воды достигают 9000 м³/с. Половодье начинается в первой половине апреля.

В г. Колпашево даже в маловодные годы максимальные расходы воды достигают 10000 м³/с, а в многоводные годы превышают 16000 м³/с. Половодье начинается во второй половине апреля подъемом уровня по 10–15 см/сут (наибольшая интенсивность составляет 80–90 см/сут при густом ледоходе или во время ледового затора). Спад половодья в многоводные годы продолжается до конца августа-начала сентября. Продолжительность половодья в среднем составляет 124 дня.

Гидрологический режим в с. Александровское – с. Прохоркино сходен с режимом в г. Колпашево. В многоводные годы максимальные расходы достигают почти 20000 м³/с. Ход уровней и расходов более растянутый.

Результаты и обсуждение

Согласно данным наблюдений за стоком взвешенных наносов вдоль русла реки Обь в пределах Томской области наибольшее насыщение речных вод наносами происходит на участке от с. Дубровино до г. Колпашево. Далее, до с. Александровское, объем стока взвешенных наносов чаще снижается, чем увеличивается при неизменном увеличении стока воды. Эти результаты согласуются с выводами других исследователей по данной реке [6].

Во внутригодовом распределении стока взвешенных наносов по месяцам имеются существенные различия между выбранными для анализа постами наблюдений. В с. Дубровино процентное распределение по месяцам имеет меньший разброс, чем на ниже лежащих постах в среднем от 24,6 % в мае до 6,2 % в октябре. В многолетнем разрезе объем стока взвешенных наносов по месяцам имеет разнонаправленные тенденции – в апреле и мае наблюдается снижение стока взвешенных наносов, как в абсолютном, так и в долях от общего годового стока взвешенных наносов. Также можно выделить цикл увеличения с 1987 по 1997 гг. и последующего уменьшения к 2005 г. объема стока взвешенных наносов в эти месяцы. В июне и сентябре доли от общего годового стока взвешенных наносов почти не изменяются, а в июле, августе и октябре растут. При этом сток взвешенных наносов в абсолютном значении во все месяцы снижается.

Существенно выделяется на фоне остальных 1993 г. Максимум стока взвешенных наносов в этот год наблюдается в июле, и превышает сток взвешенных наносов остальных лет почти в 9 раз. В июне и сентябре этого года сток взвешенных наносов также выделяется на фоне остальных в большую сторону, при этом сток взвешенных наносов июня и июля превышают и майские значения всех остальных лет, несмотря на то, что в среднем в мае наблюдается наибольший сток взвешенных наносов.

В г. Колпашево максимальный сток взвешенных наносов также наблюдается в мае – в среднем 46 % за весь период наблюдений. Многолетние изменения стока взвешенных наносов этого месяца повторяют черты многолетних изменений годового стока взвешенных наносов, при этом доля стока взвешенных наносов этого месяца снижается от 50 до 40 %. В абсолютных значениях сток взвешенных наносов снижается и во все остальные месяцы. Разброс доли месячного стока взвешенных наносов здесь выше, чем в с. Дубровино, минимальный сток взвешенных наносов наблюдается в сентябре и

октябре, 3,7 и 3,8 % соответственно – регулирование стока воды Новосибирским гидроузлом здесь практически не ощущается. Небольшой рост доли стока взвешенных наносов наблюдается во все месяцы летне-осенней межени – с июля по октябрь.

Внутригодовое распределение стока взвешенных наносов с. Александровское – с. Прохоркино незначительно отличается от г. Колпашево. В апреле, в отличие от вышележащего поста, наблюдается рост доли стока взвешенных наносов. Это связано, вероятнее всего, с более ранними сроками начала половодья и увеличением водности этого месяца. Ярче выражено снижение стока взвешенных наносов в мае, и в абсолютных величинах, и в долях от годового стока взвешенных наносов – с 50 до 30 %. В июне доля стока взвешенных наносов немного снижается, в остальные месяцы в разной степени увеличивается. В абсолютных значениях сток взвешенных наносов в летние и осенние месяцы, как и в мае, снижается, а апреле почти не изменяется с выделением трех циклов увеличения-снижения доли стока взвешенных наносов, разброс значений в последние годы стабилизировался.

Кроме анализа стока взвешенных наносов были проанализированы хронологические изменения среднемесячных расходов воды, взвешенных наносов и мутности. В графическом представлении наблюдается тенденция уменьшения всех этих трех характеристик по всем рассматриваемым постам в мае и июне. Таким образом, можем сделать предположение, что основной причиной снижения среднемесячных расходов и стока взвешенных наносов является снижение среднемесячных расходов воды в эти месяцы и, как следствие, снижение размывающей способности потока, что способствует уменьшению мутности.

В летне-осеннюю межень (июль-октябрь), в с. Дубровино расходы взвешенных наносов уменьшаются, вероятнее всего, за счет уменьшения мутности, при относительно стабильных и незначительно повышающихся среднемесячных расходах воды.

В г. Колпашево среднемесячные расходы воды в апреле относительно стабильны. Мутность уменьшается во все месяцы, в том числе и в апреле, что объясняет уменьшение расходов взвешенных наносов при устойчивых расходах воды.

В с. Александровское – с. Прохоркино в апреле среднемесячные расходы воды напротив увеличиваются, увеличиваются также и среднемесячные расходы взвешенных наносов и мутность. В остальные месяцы половодья (май, июнь), так же как в г. Колпашево, уменьшаются среднемесячные расходы воды и расходы взвешенных наносов, но расходы взвешенных наносов снижаются более заметно. В летнюю межень расходы воды снижаются менее интенсивно, но расходы взвешенных наносов также снижаются за счет уменьшения мутности. Пример многолетних изменений среднемесячных расходов воды Q и взвешенных наносов R исследуемых постов в мае можно увидеть на рис. 1, 2.

Особенности распределения среднемесячных расходов взвешенных наносов внутри года и в многолетнем разрезе в целом соотносятся с распределением среднемесячных расходов воды. Для обоснования качественных выводов о многолетних изменениях среднемесячных расходов воды и взвешенных наносов проведены оценки трендов по двум методам.

1 метод: σ_R – стандартная ошибка расчета коэффициента корреляции. Используя коэффициент корреляции, можно представить в виде:

$$\sigma_R = (1 - R^2) / \sqrt{n - 1}, \quad (1)$$

где: R – коэффициент корреляции; n – число членов ряда наблюдений.

2 метод: σ_a – стандартная ошибка параметра линейного уравнения регрессии.

$$\sigma_a = \frac{\sigma_Q^*}{\sigma_t^*} \sqrt{\frac{1 - R^2}{n - 2}}, \quad (2)$$

где σ_Q^* и σ_t^* – несмещенные оценки среднего коэффициента отклонения соответственно для ряда Q – среднемесячных расходов воды и расходов взвешенных наносов и ряда t – порядковых номеров лет наблюдений; R и n как для формулы (1).

По полученным авторами результатам расчетов, выведены значимые тренды на снижение среднемесячных расходов воды в с. Александровское – с. Прохоркино в период с апреля по июнь, в г. Колпашево в период с мая по сентябрь за весь период наблюдений. Также значимые тренды на снижение среднемесячных расходов взвешенных наносов выявлены в с. Александровское – с. Прохоркино с мая по октябрь, в г. Колпашево с апреля по октябрь.

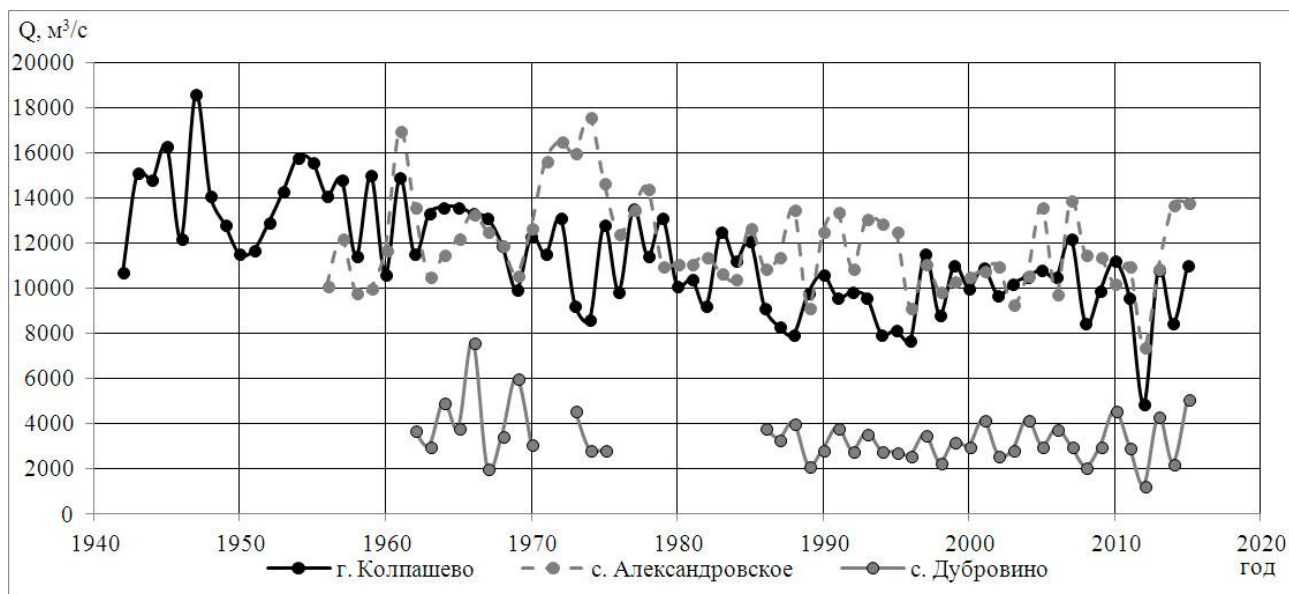


Рис. 1. Хронологический график среднемесячных расходов воды (Q) р. Обь г. Колпашево, с. Александровское – с. Прохоркино и с. Дубровино в мае

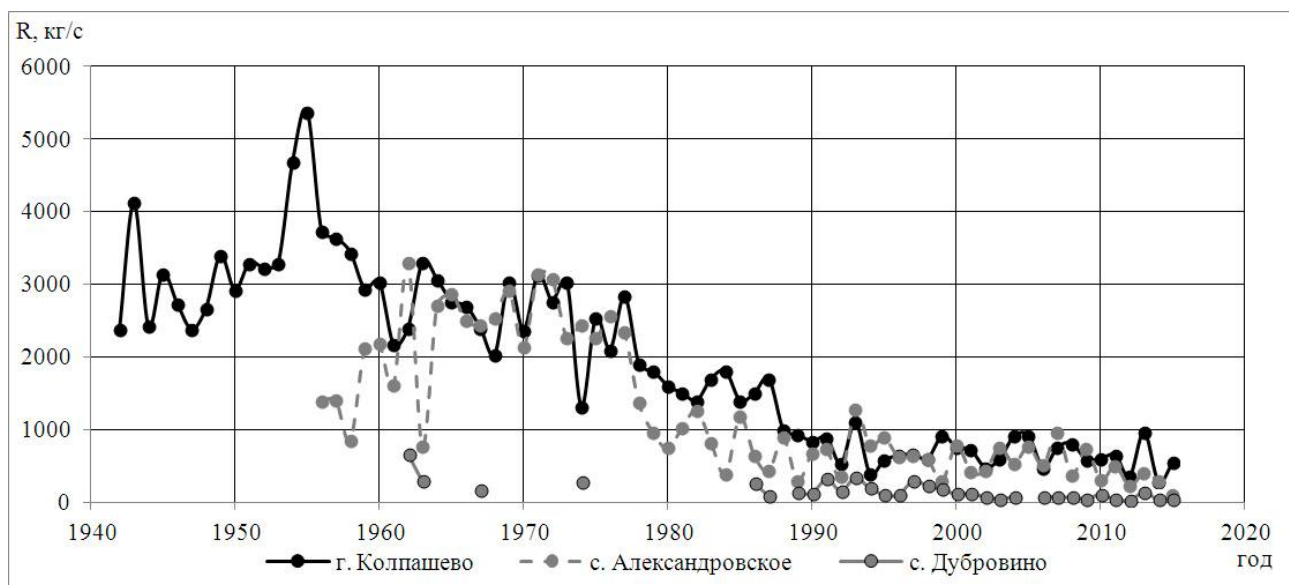


Рис. 2. Хронологический график среднемесячных расходов взвешенных наносов (R) р. Обь г. Колпашево, с. Александровское – с. Прохоркино и с. Дубровино в мае

В с. Дубровино значимых трендов по среднемесячным расходам воды не выявлено – это можно связать с тем, что, во-первых, с самого начала наблюдений данный участок реки уже был зарегулирован Новосибирским водохранилищем, во-вторых, в период 1962-1986 г. проводились нерегулярные наблюдения за расходами воды и взвешенными наносами. Что касается среднемесячных расходов взвешенных наносов – в апреле, мае, и сентябре выявлены тренды на снижение, а в июле только по одному из методов (табл. 2, значимые тренды выделены подчеркиванием).

Полученное на основе эмпирических данных уравнение линейной регрессии может использоваться в качестве прогностической зависимости или расчетной формулы, однако это является корректным только в случае, если данное уравнение обеспечивает необходимую точность расчета, или, проще говоря, является надежным. Все значимые тренды по среднемесячным расходам воды и взвешенных наносов получились со знаком минус, это значит, что эти показатели в целом уменьшаются.

Таблица 2

Результаты оценки трендов среднемесячных расходов воды и наносов

Населенный пункт	Расчет тренда по коэффициенту корреляции					
	с. Александровское – с. Прохоркино		г. Колпашево		с. Дубровино	
Месяц	Q, м ³ /с	R, кг/с	Q, м ³ /с	R, кг/с	Q, м ³ /с	R, кг/с
Апрель	2,77	1,02	0,54	-3,61	0,39	-4,37
Май	-2,19	-12,54	-11,06	-31,36	0,22	-5,82
Июнь	-3,17	-10,23	-2,90	-11,05	0,44	-2,07
Июль	-1,04	-5,85	-2,72	-5,96	0,89	-1,61
Август	-0,78	-3,41	-2,79	-4,32	-0,69	-0,61
Сентябрь	-0,836	-3,52	-2,91	-4,99	-1,74	-3,24
Октябрь	0,20	-2,45	-1,26	-2,60	-1,77	-1,52

Населенный пункт	Расчет тренда по параметру линейного уравнения регрессии					
	с. Александровское – с. Прохоркино		г. Колпашево		с. Дубровино	
Месяц	Q, м ³ /с	R, кг/с	Q, м ³ /с	R, кг/с	Q, м ³ /с	R, кг/с
Апрель	2,61	1,00	0,53	-3,33	0,38	-3,50
Май	-2,10	-8,57	-7,99	-15,18	0,22	-4,24
Июнь	-2,90	-7,29	-2,74	-7,99	0,43	-1,89
Июль	-1,02	-4,84	-2,58	-5,07	0,86	-1,51
Август	-0,72	-3,15	-2,64	-3,89	-0,67	-0,59
Сентябрь	-0,85	-3,21	-2,75	-4,38	-1,63	-2,71
Октябрь	0,14	-2,30	-1,24	-2,47	-1,66	-1,42

Авторами также построены графические зависимости среднемесячных расходов воды и среднемесячных расходов взвешенных наносов. Пример связи среднемесячных расходов воды и расходов взвешенных наносов можно увидеть на рис. 3.

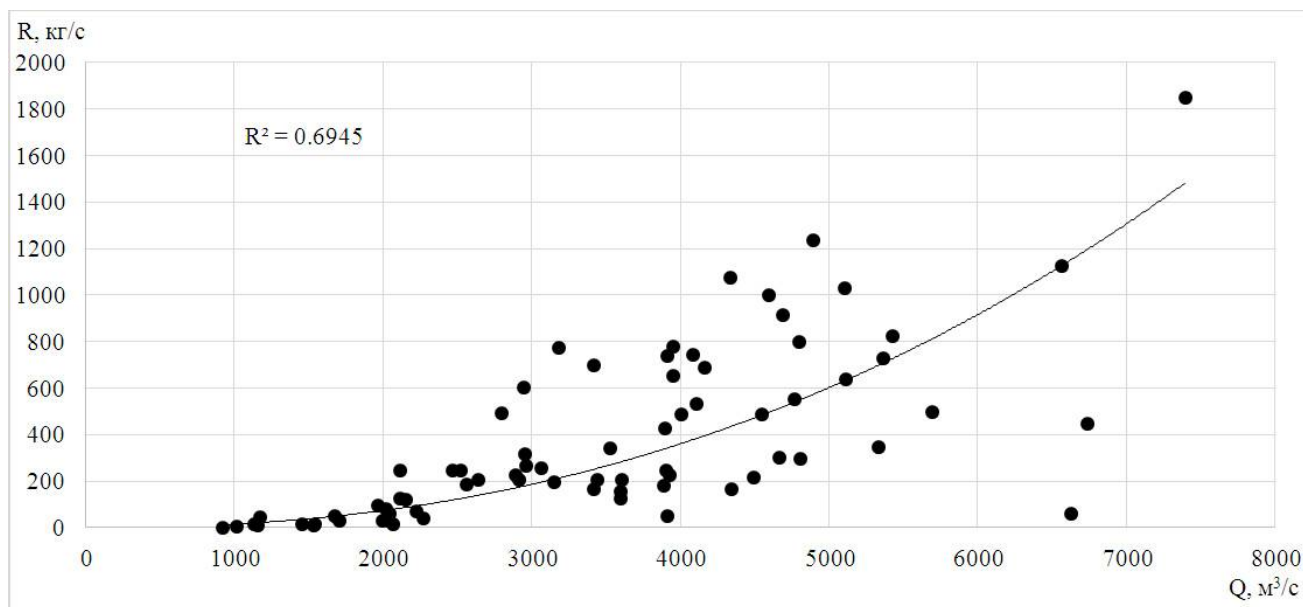


Рис. 3. Связь среднемесячных расходов воды и расходов взвешенных наносов в апреле на р. Обь в г. Колпашево

В с. Дубровино и в с. Александровское – с. Прохоркино связь среднемесячных расходов воды и расходов взвешенных наносов ощущается, но не является значимой. В г. Колпашево связь между среднемесячными расходами воды и расходами наносов лучше, чем на других постах – коэффициент детерминации от 0,4 до 0,7.

Все зависимости были проверены на соотношение

$$S/\sigma, \quad (3)$$

где: S – средняя квадратическая оценка точности связи; σ – среднее квадратическое отклонение оцениваемой величины.

Все графические зависимости между среднемесячными расходам воды и среднемесячными расходами взвешенных наносов проверены выражением 3, результаты расчетов приведены в табл. 3. Удовлетворительная связь этих характеристик (S/σ менее 0,8) выделена подчеркиванием.

Таблица 3

Оценка точности связи среднемесячных расходов воды и расходов взвешенных наносов

Населенный пункт	с. Александровское – с. Прохоркино			г. Колпашево			с. Дубровино		
	r	R^2	S/σ	r	R^2	S/σ	r	R^2	S/σ
Апрель	0,63	0,398	<u>0,78</u>	0,70	0,492	<u>0,71</u>	0,58	0,332	0,82
Май	0,52	0,266	0,86	0,70	0,497	<u>0,71</u>	0,19	0,036	0,98
Июнь	0,37	0,138	0,93	0,63	0,403	<u>0,77</u>	0,52	0,273	0,85
Июль	0,57	0,327	0,82	0,81	0,652	<u>0,59</u>	0,56	0,313	0,83
Август	0,57	0,327	0,82	0,76	0,571	<u>0,66</u>	0,65	0,424	<u>0,76</u>
Сентябрь	0,55	0,297	0,84	0,78	0,609	<u>0,63</u>	0,59	0,351	0,81
Октябрь	0,41	0,168	0,92	0,64	0,416	<u>0,77</u>	0,43	0,185	0,91

В целом можно отметить, что удовлетворительная точность связи между среднемесячными расходам воды и среднемесячными расходами взвешенных наносов получилась только в г. Колпашево. У с. Александровское – с. Прохоркино удовлетворительная связь получилась лишь в апреле, а у с. Дубровино в августе.

Заключение

Рассматривая внутригодовое распределение стока взвешенных наносов реки Обь за многолетний период, можно сделать вывод о снижении стока взвешенных наносов в мае на всем ее протяжении и об определяющем влиянии стока взвешенных наносов за этот месяц на годовой сток взвешенных наносов. Неоднозначно меняется сток взвешенных наносов апреля по длине реки – в верхнем створе доля стока этого месяца уменьшается, а в среднем и нижнем створе увеличивается, что может быть связано со смещением сроков начала половодья и с увеличением водности этого месяца. Июньская доля стока взвешенных наносов, также высокая от общего годового стока взвешенных наносов, напротив, в верхнем створе несколько увеличивается, в среднем створе почти остается без изменений, в нижнем створе немного падает. Доля стока взвешенных наносов всех месяцев летне-осенней межени с июля по октябрь увеличивается по всем постам на р. Оби.

Среднемесячные расходы взвешенных наносов во всех створах снижаются во все периоды водности, несмотря на некоторое повышение водности некоторых месяцев. Исключением оказался апрель в нижнем створе – здесь увеличиваются все три показателя: расходы воды, расходы взвешенных наносов и мутность.

В результате исследования были выявлены значимые тренды на снижение на постах: с. Александровское – с. Прохоркино за весь период наблюдений по среднемесячным расходам воды с апреля по июнь, и по среднемесячным расходам взвешенных наносов с мая по октябрь; в г. Колпашево за весь период наблюдений по среднемесячным расходам воды с мая по сентябрь и по среднемесячным расходам взвешенных наносов во все месяцы весенне-летнего половодья и летне-осенней межени; в с. Дубровино по среднемесячным расходам взвешенных наносов тренды наблюдаются в апреле, мае и сентябре, в июне тренд наблюдается лишь по одному из методов – коэффициенту корреляции, по среднемесячным расходам воды в с. Дубровино значимые тренды выявлены не были.

В целом можно сделать вывод о том, что на р. Обь в пределах Томской области снижение среднемесячных расходов взвешенных наносов связано, вероятнее всего, со снижением среднемесячных расходов воды. Однако удовлетворительной связью этих характеристик получилась лишь в г. Колпаше-

во, но для всего периода наблюдений за взвешенными наносами – и в половодье, и в летне-осеннюю межень. На остальных постах удовлетворительная связь между среднемесячными расходами воды и среднемесячными расходами взвешенных наносов отмечена лишь в отдельные месяцы. Причины изменений среднемесячных расходов воды требуют более глубокого исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тананаев Н.И. Оценка годового стока взвешенных наносов рек севера Сибири и Дальнего Востока // *Океанология*. 2014. Т. 54. № 5. С. 694-703.
2. Мельникова Я.А., Вершинин Д.А. Оценка многолетнего перераспределения стока взвешенных наносов рек Томской области // *Современные проблемы географии и геологии: к 100-летию открытия естественного отделения в Томском государственном университете: Матер. IV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием*. Т. 1. Томск: Томский гос. ун-т, 2017. С. 377-381.
3. Мельникова Я.А., Вершинин Д.А. Внутригодовое распределение стока взвешенных наносов реки Оби в пределах Томской области и его многолетние изменения // *Сб. докл. Междунар. науч. конф. памяти выдающегося русского гидролога Юрия Борисовича Виноградова «Третьи Виноградовские чтения. Грани гидрологии»*; Санкт-Петербург, 28-30 марта 2018 года / под ред. О.М. Макарьевой. СПб.: Научное издание «Технологии», 2018. С. 606-609.
4. Земцов В.А. Ресурсы поверхностного стока в бассейне Оби: основные закономерности и проблемы управления: дис. ... докт. геогр. наук. Томск, 2004. 321 с.
5. Магрицкий Д.В. Годовой сток взвешенных наносов российских рек водосбора северного ледовитого океана и его антропогенные изменения // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География*. 2010. № 6. С. 17-24.
6. Чалов Р.С., Лю Шугуан. Сток наносов и его составляющие как фактор русловых процессов (на примере рек России и Китая) // *Эрозия почв и русловые процессы*. 2005. Вып. 15. С. 253-282.

Поступила в редакцию 15.10.2018

Мельникова Ярослава Александровна, магистрант кафедры гидрологии
E-mail: yaroslava5515@list.ru
Вершинин Дмитрий Александрович,
кандидат географических наук, доцент кафедры гидрологии
E-mail: daversh@ggf.tsu.ru, daversh@rambler.ru
Национальный исследовательский Томский государственный университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36

Ya.A. Melnikova, D.A. Vershinin

LONG-TERM CHANGES OF MONTHLY DISCHARGES OF SUSPENDED SEDIMENTS OF THE OB RIVER WITHIN THE TOMSK REGION

The purpose of the research is to assess the long-term changes in suspended sediment flow on the largest transit river of the Tomsk Region – the Ob River. During the high water, on all observation points, a decrease in monthly flow and average monthly suspended sediment consumption is observed. An assessment of trends in monthly water flows and suspended sediments has been made. In most cases, there are significant trends in the reduction of suspended sediment costs. An assessment was made of the accuracy of the relationship between the monthly water discharge and the monthly suspended sediment costs — the relationship between these characteristics in the town of Kolpashevo proved to be satisfactory during the high water and summer-autumn mean water.

Keywords: Suspended sediment, transit river, intra-annual distribution, long-term changes.

REFERENCES

1. Tananaev N.I. [Estimation of annual flow of suspended sediments of the rivers of Northern Siberia and the Far East] in *Okeanologiya*, 2014, v. 54, no. 5, pp. 694–703 (in Russ.).
2. Melnikova Ya.A. Vershinin D.A. [The estimation of long-term redistribution of the sediment runoff of the rivers of the Tomsk region] in *Sovremennye problemy geografii i geologii: k 100-letiyu otkrytiya estestvennogo otdeleniya v Tomskom gosudarstvennom universitete: Mater. IV Vserossiyskoy nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem*, vol. 1, Tomsk: Tomskiy gosudarstvennyy universitet, 2017, pp. 377-381 (in Russ.).

3. Melnikova Ya.A. Vershinin D.A. [The estimation of long-term redistribution of the sediment runoff of the rivers of the Tomsk region] in *Sbornik докладов mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii pamyati vydayushchegosya russkogo gidrologa Yuriya Borisovicha Vinogradova «Tret'i Vinogradovskie chteniya. Grani gidrologii» [Elektronnyy resurs]*, ed. O.M. Makar'yeva. SPb.: Naukoemkie tekhnologii, 2018, pp. 606-609 (in Russ.).
4. Zemtsov V.A. [Resources of surface runoff in the Ob river basin: the basic patterns and problems of management], Diss... d-ra geogr. nauk, Tomsk, 2004, 321 p. (in Russ.).
5. Magritskiy D.V. [Annual flow of suspended sediments of the Russian rivers of the Arctic ocean catchment area and its anthropogenic changes] in *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya*, 2010, no. 6, pp. 17-24 (in Russ.).
6. Chalov R.S., Lyu Shuguan. [Sediment load and its components as a factor of channel processes (on the example of the rivers of Russia and China)] in *Eroziya pochv i ruslovye protsessy*, 2005, iss. 15, pp. 253-282 (in Russ.).

Received 15.10.2018

Melnikova Ya.A., Master student of the Department of Hydrology

E-mail: yaroslava5515@list.ru

Vershinin D.A., Candidate of Geography, Associate Professor at Department of Hydrology

E-mail: daversh@ggf.tsu.ru, daversh@rambler.ru

National Research Tomsk State University

Lenina Ave, 36, Tomsk, Russia, 634050